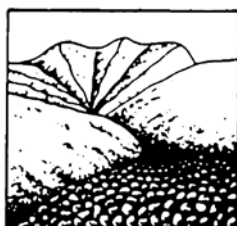


СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
8-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 6–10 октября 2025 г.



Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2025

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 8th International Conference

Tbilisi, Georgia, 6–10 October 2025



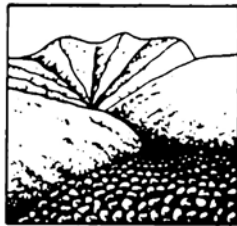
Edited by
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2025

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 6-10 ოქტომბერი, 2025



რედაქტორები
ს. ს. ჩერნომორეც, გ. ვ. გავარდაშვილი, კ. ს. ვისხაჯიევა

შპს „გეომარკეტინგი“
მოსკოვი
2025

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2025. 496 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC, 2025. 496 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო. – პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი, კ.ს. ვისხაჯიევა. – მოსკოვი: შპს „გეომარკეტინგი“, 2025. 496 ს.

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), Г.В. Гавардашвили (Институт водного хозяйства имени Цотне Мирцхулава Грузинского технического университета), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (M.V. Lomonosov Moscow State University), G.V. Gavardashvili (Tsotne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University), K.S. Viskhadzhieva (M.V. Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-6053539-4-2

© Селевая ассоциация
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა
მეურნეობის ინსტიტუტი



Оценка селевой опасности в бассейне реки Гянджачай: морфотектонические характеристики и антропогенные факторы (на примере северо-восточного склона Малого Кавказа в пределах Азербайджана)

С.А. Мамиева

*Институт географии имени академика Г.А. Алиева Министерства Науки и
Образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан,
kulihevaseva18@gmail.com*

Аннотация. Сели наносят значительный ущерб инфраструктуре регионов и проявляют высокую чувствительность к климатическим изменениям. Наблюдения фиксируют резкое увеличение частоты селей, что приводит к росту материального ущерба. В данной статье проведено детальное исследование морфометрических и морфотектонических характеристик долины реки Гянджачай с использованием цифровой модели и космоснимков для оценки селевой опасности. Применялись карты, методы дистанционного зондирования, а также описательные, статистические и картографические подходы. Определена степень опасности селевых процессов и антропогенных геоморфологических процессов, способствующих их усилению, включая влияние Дашкесанской горнодобывающей и металлургической промышленности, Човдарских золотых рудников и месторождения мрамора, где мелкие частицы смешиваются с водой, изменяя ее цвет. Эти процессы значительно влияют на экосистему реки и усиливают селевые риски. В рамках исследования была составлена картосхема селевой опасности бассейна реки Гянджачай, а также выделены ключевые зоны с повышенным риском, связанные с горнодобывающими предприятиями и сельским хозяйством. Для предсказания катастрофических селей и минимизации ущерба от них предложены меры по защите от селей, включая как инженерные методы (строительство водохранилищ, укрепление берегов рек, очистка русла), так и неинженерные подходы, такие как рециклирование рыхлого обломочного материала. На примере бассейна реки Гянджачай продемонстрированы фрагменты картосхем морфотектонической и морфометрической опасности, что позволяет на местности применить эффективные меры для уменьшения ущерба от селей.

Ключевые слова: *морфометрические характеристики рельефа; бассейн реки Гянджачай; селевые процессы; оценка опасности селей; антропогенные факторы; геоморфологические особенности*

Ссылка для цитирования: Мамиева С.А. Оценка селевой опасности в бассейне реки Гянджачай: морфотектонические характеристики и антропогенные факторы (на примере северо-восточного склона Малого Кавказа в пределах Азербайджана). В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2025, с. 283–293.

Geomorphological studies of the mud-filled Ganjachay river basin (a case study of the northeastern slope of the Lesser Caucasus within Azerbaijan)

S.A. Mamiyeva

*Institute of Geography named after academician H.A. Aliyev, Ministry of Science and
Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, kulihevaseva18@gmail.com*



Abstract. Debris flows cause significant damage to regional infrastructure and exhibit high sensitivity to climate change. Observations have recorded a sharp increase in the frequency of debris flows, leading to a rise in material damage. This paper presents a detailed study of the morphometric and morphotectonic characteristics of the Ganjachay River valley using a digital model and satellite imagery to assess debris flow hazards. Maps, remote sensing methods, as well as descriptive, statistical, and cartographic approaches were employed. The degree of danger from debris flow processes and anthropogenic geomorphological processes that contribute to their intensification was determined. A hazard map for the Ganjachay River basin was created. Additionally, the Dashkesan mining and metallurgical industry, Chovdar gold mines, and marble deposits, where fine particles mix with water, altering its color, are considered. The raw materials for the metallurgical industry include the Dashkesan mining and processing complex (iron concentrate), the Zaglik alunite deposit used in the aluminum industry, and the Chovdar polymetallic ore deposit. The raw materials for the chemical industry are represented by the Chiragdara pyrite ore mine and the zeolite deposit of the Ay-Dag field. For the construction industry, the Dashkesan marble quarry, gypsum quarry in Upper Adjikend, as well as quartzite, gravel, limestone, Khashbulag limestone deposits, Shamkir limestone quarries, and the tuff quarry near the village of Murud (Goygol district) are used. Understanding the dynamics of exogenous processes on slopes and the recycling of loose fragmental material is essential for predicting catastrophic debris flows and minimizing the damage they cause. This paper discusses examples of debris flow events in the Ganjachay basin and proposes measures for protection against them. Also presented are fragments of debris flow hazard maps for the Ganjachay River basin. The example of the Ganjachay river basin demonstrates fragments of maps showing morphotectonic and morphometric hazards, which allows for the implementation of effective measures in the field to reduce debris flow damage.

Key words: *morphometric characteristics of relief; Ganjachay River basin; debris flow; hazard assessment; anthropogenic factors; geomorphological features*

Cite of this article: Mamiyeva S.A. Geomorphological studies of the mud-filled Ganjachay river basin (a case study of the northeastern slope of the Lesser Caucasus within Azerbaijan). In: Chernomorets S.S., Gavardashvili G.V., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). Moscow: Geomarketing LLC, 2025, p. 283–293.

Введение

В последние годы методы дешифрирования космических и аэрофотоснимков получили широкое применение для исследования селей и селевых очагов. Анализ степени развития и распространения селевых очагов с использованием фототоннов космических изображений представляет значительный интерес и обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами. Дешифрирование аэрофотоснимков, сделанных в различные годы и в разных условиях, позволяет выявить динамику и тенденции изменений ландшафтов селевых очагов, что способствует определению их типов в зависимости от активности и роли в формировании селей [Mussina et al., 2023].

В современных условиях, с целью повышения эффективности использования земельных и ландшафтных ресурсов горных склонов, а также защиты населённых пунктов и хозяйственных объектов от разрушительных селевых потоков, значение дешифрирования космических снимков возрастает. Уровень детализации исследования ландшафтов селевых бассейнов во многом зависит от масштаба космических снимков. С увеличением масштаба появляются дополнительные детали, позволяющие более точно распознавать компоненты ландшафта по их дешифровочным признакам. Однако следует отметить, что на крупных космических снимках, охватывающих обширные территории, ландшафтные границы изображаются менее чётко. Для получения количественных и качественных характеристик ландшафтов селевых очагов



дешифрирование проводилось на основе цветных космических снимков, полученных летом и частично зимой [Мамиева, 2023; Tarikhazer et al., 2023].

Река Гянджачай протекает по территории Гянджа-Дашкесанского экономического района. Основная часть населения сосредоточена в городе Гянджа, где малые и средние предприятия, включая торговлю, пищевую промышленность, ковроткачество, ткачество и текстиль, составляют основу экономики. В других частях бассейна основными видами деятельности являются сельское хозяйство (земледелие и животноводство). Сельское хозяйство на равнинах северной части Гянджи (Самухский район) в значительной степени зависит от орошения. Традиционно здесь выращивают зерновые, овощи, орехи, фрукты и виноград (80–85% – картофель, 28% – виноград, 15% – мясомолочная продукция).

Основными промышленными районами, влияющими на реку Гянджачай, являются сам город Гянджа (с населением 330,7 тыс. человек на 2024 г.). Участок реки от Гейгеля до города Гянджа подвергся значительному антропогенному воздействию, включая забор воды для орошения и сброс сточных вод. Участок реки от её впадения в город Гянджа до слияния с рекой Кура также испытал серьёзное воздействие антропогенных факторов. Исследования в этом регионе направлены на решение проблем водопользования для орошения и соблюдения экологических норм.

Река Гянджачай берёт начало с северного склона Муровдагского хребта Малого Кавказа. Высота истока реки составляет 2814 м, а впадает она в р. Куру на 720 км. Длина реки — 99 км, площадь её бассейна — 752 км². Из 9 рукавов реки 5 правых и 4 левых (притоки – Зинджирличай, Данагырансу, Зивленчай правый, Гочазчай, Чимкирчай, Дастафурчай, Медюунчай, Деремирзечай, Хабулаг). Бассейн реки Гянджачай широкой и вытянутой формы. Река имеет значительную длину и протекает с юга на север, её направление течения параллельно хребту Муровдаг с запада до Тертерчая, далее течет вдоль бассейна рек Гошгарчай и вдоль реки Крякчай на востоке. Средняя ширина бассейна составляет 7,6 км, средняя высота — 1119 м. Полная длина реки составляет 2744 м, средний уклон реки — 27,7%, а густота русла — 0,64 км/км². Подземное питание составляет 44%, снеговое — 32% [Махмудов, 2008; Мамиева, 2014].

На участке реки от Топхесенли до Гейгеля речная вода используется для орошения и бытовых нужд. На участке от озера Гейгеля до устья реки также используется вода для орошения, при этом она загрязняется сточными водами, сбрасываемыми населением, проживающим вдоль реки. Тщательный анализ, основанный на топографических картах, представляет собой важный исходный материал для дальнейших исследований.

Цель работы заключается в создании базовых морфометрических карт, которые играют ключевую роль в эколого-геоморфологических исследованиях. С использованием опыта зарубежных и местных ученых и полевые исследования мы провели детальный анализ рельефа и его морфометрических характеристик в бассейне реки Гянджачай, одном из наиболее освоенных человеком регионов, расположенном рядом с городом Гянджа. В этом районе находятся крупные населённые пункты и обширные сельскохозяйственные угодья. С использованием топографических карт масштаба 1:100 000 были составлены карты вертикального и горизонтального расчленения и уклона рельефа для бассейна реки Гянджачай [Mussina et al., 2023; Tarikhazer et al., 2023; Мамиева, 2014].

Топографические карты служат основой для создания базовых карт, таких как геоморфологическая, морфотектоническая и морфометрическая. Цифровая модель рельефа была создана по методике В.В. Хромовых и О.В. Хромовых, на основе которой были разработаны гипсометрическая карта, карта крутизны и экспозиции склонов. Сложное сочетание горизонтального и вертикального рельефа, крутизны склонов и геологических особенностей данной территории создаёт условия для возникновения селевых процессов и оползней — опасных природных явлений. Также фиксируются изменения в составе водной биоты и среде обитания живых организмов. Важно учитывать информацию о текущих и планируемых берегоукреплениях для защиты рек от паводков и селей, а также о сельскохозяйственных угодьях и жилых комплексах [Хромовых и др., 2007; Каширо и др., 2012].



Анализ

Анализ морфометрических характеристик рельефа в бассейне реки Гянджачай

Исследуемый район северо-восточного склона Малого Кавказа представляет собой одно из трудных горных сооружений альпийской зоны орогенеза, возникший в результате столкновения двух мегаблоков и характеризуется интенсивным развитием блоково-разрывной тектоники, многэтажностью структурных комплексов, широким распространением интрузивных пород юрского периода (гранитоиды, габброиды, плагиограниты и т.д.) сложной, резко дифференцированным обликом форм рельефа и морфоструктур [Ализаде и др. 2015].

На основе составленных нами карт горизонтального и вертикального расчленения, а также крутизны склонов, была разработана карта морфометрической напряженности. Она охватывает территорию Башкент-Дагстафюрской котловины, вдоль реки Гянджачай. Для горных склонов Малого Кавказа характерно наличие как унаследованных, так и наложенных внутригорных котловин. Башкент-Дагстафюрская котловина расположена между Шамкирским поднятием и Шахдагским хребтом. В среднегорных зонах этой котловины вертикальное расчленение составляет 200–400 м, уклон 20–30°, а горизонтальное расчленение — 1–1,5 км/км². Данный участок мы отнесли к категории средней морфологической опасности, оценив его в 3 балла по пятибалльной системе (рис. 1).

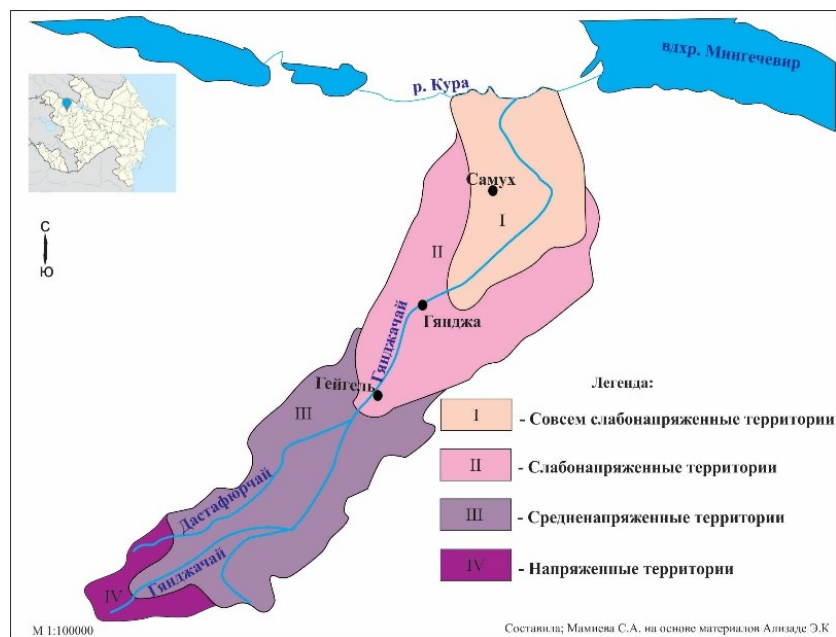


Рис. 1. Картограмма морфометрической напряженности бассейна реки Гянджачай

Из схемы уклонов продольных профилей ясно, что уклонами 200–250 м/км и больше (до 300–350 м/км), а порой и до 500 м/км продольные профили располагают лишь в границах высокогорья (Шахдаг-Муровдагской системы хребтов), то есть в верховьях Гянджачайского бассейна. Все среднегорные хребты лишены зон высоких значений уклонов продольных профилей. На дистанции 10–15 м/км от главных водоразделов продольные профили стремительно выполаживаются, остальная часть всех профилей характеризуется уклонами менее 50 до 300–350 м/км, особенно резкий переход уклонов профилей характерен для южных склонов Муровдагского хребта. Область резкого перехода уклонов соответствует зоне продольного тектонического разлома, которым обусловлена морфологическая асимметрия обозначенной морфоструктуры.

На южных склонах Муровдагского хребта ареалы уклонов продольных профилей 25–50 м/км, занимают обширную площадь, развиты симметрично. Долины рек



Дзегамчай, Шамкирчай и Гянджачай характеризуются комплексной структурой продольного профиля, выражены наличием дополнительных, четко обозначенных перегибов и обусловлены влиянием Газахского прогиба, Шамкирского выступа на северо-восточных склонах и скоплением вулканического материала в центральной части Малого Кавказа.

Слабой напряжённостью в 2 балла характеризуется область Шамкирского поднятия. Поверхность относительно слабо расчленена, уклон поверхности, как правило, не превышает 25–30°, глубина расчленения варьируется в пределах от 30–50 м до 200–400 м, северные склоны являются более крутыми, нежели южные и юго-восточные. Глубина расчленения, в особенности в районе пересечения долин рек Шамкирчай и Гошгарчай. Сгущение изолиний позволяет провести морфологическую границу Предмалокавказской наклонной равнины с Шамкирской морфоструктурой. Совершенно слабой напряжённостью в 1 балл характеризуется территория, охватывающая Предмалокавказскую равнину. Поверхность Гянджа-Газахской равнины имеет ступенчатое строение. Она дренируется многочисленными долинами рек северо-восточного склона Малого Кавказа.

В итоге анализа морфометрических параметров современного рельефа установлено, что количественные свойства выделенных индикационных морфометрических блоков-сегментов определяют, в первую очередь, интенсивность развития эндогенных и экзогенных процессов. Это подразумевает, что направление и интенсивность экзогенных процессов обусловлены эндогенными факторами рельефообразования, индикационными признаками которых выступают морфометрические показатели. То есть, сформированные в результате развития экзогенных процессов формы рельефа считаются морфологическими индикаторами в современном рельефе эндогенных процессов и морфотектонического каркаса фундамента. Надо отметить, что полученные морфометрические характеристики представляют собой конечный итог тектонических и экзогенных данных рельефообразования.

Муровдагский горст-антиклинорный хребет характеризуется сложным внутренним строением. Участок хребта Муровдаг, расположенный между реками Шамкирчай и Гянджачай, имеет относительно простую морфотектоническую структуру. В верхнем течении реки хребет интенсивно расчленен, уклон склонов достигает 60–70°, а глубина вреза долин составляет 1000–1200 м. В этом районе породы Муровдагской морфоструктуры погружаются под эоценовые вулканогенно-осадочные отложения Шахдагского хребта. Гянджачайская поперечная зона разломов на северо-восточном склоне Малого Кавказа является наиболее значительным шарнирным. Изменения в долине реки Гянджачай, крутые уступы, выходы минеральных источников и другие явления обусловлены данной разрывной морфоструктурой. Часто эпицентры землетрясений расположены либо вблизи этих изменений, либо в узловых точках их пересечения с разломами, характерными для общекавказского простирания.

Низкогорный пояс долины отличается меньшей степенью расчленения и менее выраженной рельефной напряженностью. Долина расширяется, и на её склонах иногда можно увидеть аллювиально-пролювиальные отложения, а также в среднегорном поясе рельефа. В результате сильных дождей, произошедших 28 июля 2024 г., река Гянджа, протекающая через город Гянджа, вышла из берегов. Сель, возникшее на реке Гянджа из-за интенсивных осадков 25 мая 2016 г., стало катастрофой для домов, расположенных на её берегах. Сильные дожди привели к резкому увеличению уровня воды в реке Гянджа. Разлив реки привел к разрушению земляной плотины на левом берегу и затоплению соседней деревни, в результате чего пострадали 20 частных домов. Сильные паводковые воды вызвали трещины в стенах, что привело к разрушению 10 частных домов, один из которых был полностью уничтожен. В русло реки было направлено специальное оборудование, а поврежденная плотина была засыпана грунтом. Территория вокруг жилых домов была очищена с помощью техники для отвода селевых вод. Граждан, чьи дома стали непригодными для проживания из-за подтопления, переселили.



Анализ тектонической активности и морфоструктур в бассейне реки Гянджачай

В результате активизации эндодинамических процессов в настоящее время долин реки Гянджачай и других рек в данной зоне приобрели каньонообразную форму и являются антецедентными. Поверхность имеет относительно слабую расчлененность, на южных склонах наблюдаются оползневые процессы, в то время как северные склоны более крутые по сравнению с южными и юго-восточными. Дастафюрская, Хошбулагская и Новосаратовская котловины осложнены узкими современными рыхлыми отложениями, такими как суглинки, пески и супесчаники, а в долине реки Гянджачай и ее притоках особенно хорошо выделяются речные террасы [Ализаде, 2001].

Река Гянджачай в районе Дашкесан-Дастафюрской участка выделяется особым расположением котловин и рельеф приобретает сложный характер. Долина этой реки расположена вдоль поперечных дизъюнктивных нарушений. Зоны Гейгель-Кяпаз и Башкенд подверглись относительному поднятию. Центральная часть региона характеризуется грабен-синклинальными котловинами, в то время как восточная и западная части представлены горст-синклинальными плато, грядями и хребтами с узкими синклинальными котловинами. Особое внимание следует уделить району к востоку от реки Гянджачай, где наблюдается высокая сложность морфотектонических единиц, а морфология и структура рельефа претерпевают значительные изменения.

В результате выполненного анализа морфотектонических характеристик рельефа северо-восточного склона Малого Кавказа с широким применением материалов дешифрирования космических снимков, и геолого-геоморфологических данных нами выявлены закономерности морфоструктурного строения бассейна реки Гянджачай и составлена картосхема эндодинамической обусловленности форм рельефа в исследуемом участке северо-восточного склона Малого Кавказа (рис. 2). Долина реки Гянджачай представлена поперечной дизъюнктивной дислокацией, которая обуславливает крутые уступы, выходы минеральных источников, также эпицентры землетрясений приурочиваются к этой зоне. Широкое распространение вулканогенных, вулканогенно-осадочных, офиолитовых, осадочно-терригенных, молассовых и других комплексов пород, резкие изменения в экзогенных процессах, неравномерное распределение растительности и напряженная геодинамическая обстановка создают условия, способствующие выявлению общих и частных закономерностей дифференциации морфоструктур. Морфологическими границами отдельных участков являются долины рек Дзегамчай, Шамкирчай и Гянджачай, которые связаны с разрывными нарушениями различного порядка [Ализаде, 2001].

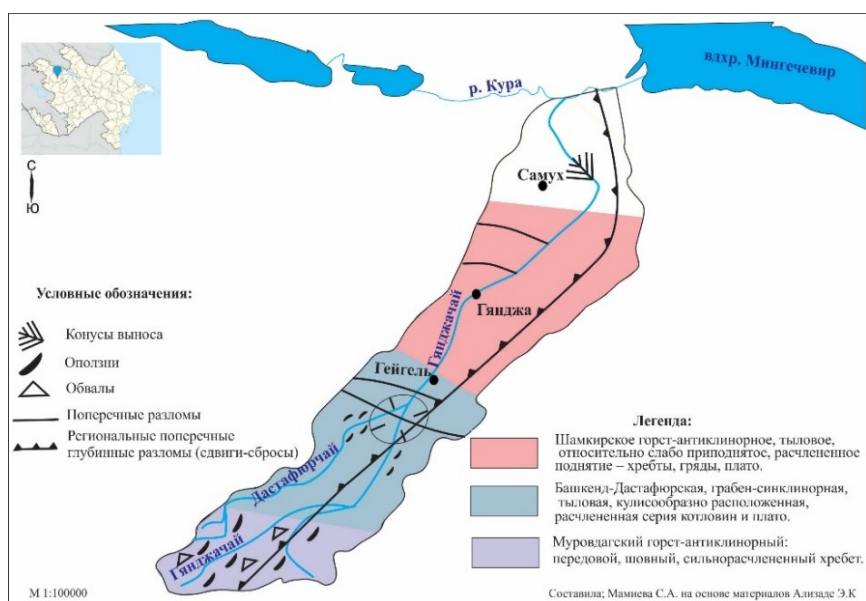


Рис. 2. Картосхема эндодинамической обусловленности рельефа бассейна реки Гянджачай



Заметим, что точки пересечения соседних и пересекающихся разрывных морфоструктур отличаются повышенной активностью эндо- и экзогенных явлений и обычно становятся большими очагами сейсмотектонических смещений-землетрясений с разными глубинами размещения гипоцентров. К югу от линии, проложенной через Хошбулак-Дастафюр-Кяпаз, в границах которой плотно размещенные продольные линеаменты формируют единую, сплошную полосу, которые, несомненно, есть продукт действия активных экзодинамических процессов в том числе и селей, хорошо видимых на КС.

Заключение

В итоге дешифровки картографической системы изучаемого региона для выявления закономерностей формирования, эволюции и пространственной дифференциации морфоструктур, а также установления взаимосвязей и взаимозависимостей современного рельефа, поверхностного и глубинного геотектонического строения геодинамически напряженных морфотектонических зон, было выявлено, что ключевыми индикаторными признаками для выделения естественных границ рельефа – линеаментов и блоковых морфоструктур считаются геометрические и оптические характеристики данных объектов. Расшифрованная система линеаментов отображает общую картину фрагментации, трещиноватости, расчлененности и дифференцированности рельефа данной области, что путем сопоставления с картой морфометрической напряженности позволило объяснить селеактивность в изучаемом бассейне (рис. 3). [Мамиева и др., 2025].

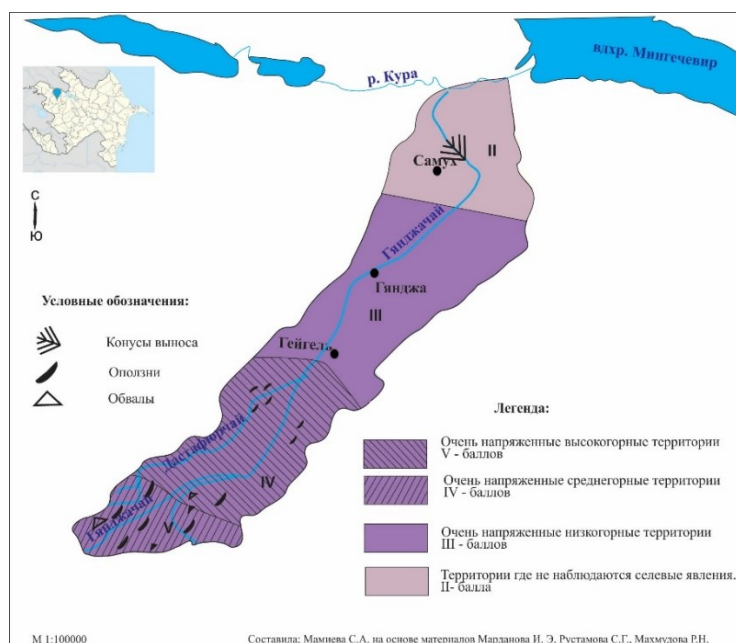


Рис. 3. Картохема селевой опасности бассейна реки Гянджачай

Массовое строительство водохранилищ в Азербайджане началось в 1950-х гг., и основная цель их создания заключалась в орошении. Для обеспечения водоснабжения города Гянджа используются как поверхностные, так и подземные источники воды. Трубопровод, который поставляет питьевую воду, начинается в районе Гызылга, расположенном ниже села Топалгасанлы, рядом с рекой Гянджачай. Кроме того, вода для водоснабжения Гянджи также поступает из Гейгеля. Река Гянджа сильно подвергается антропогенному воздействию. Основные промышленные зоны, оказывающие влияние на реку Гянджачай, включают Дашкесанскую металлургическую промышленность, Човдарские золотые рудники и месторождение мрамора, где мелкие частицы смешиваются с водой, изменяя её цвет. В научных исследованиях за последние



10–15 лет отмечается высокая чувствительность селей к изменениям климата, а также фиксируется резкое увеличение их частоты. В настоящее время наблюдается тенденция к росту материального ущерба, связанного с селями. Известно, что сели наносят разрушительный удар по инфраструктуре регионов [Тарихазер и др, 2017].

В центральной части водосборной площади реки Гянджа проводится исследование стационарной сети мониторинга загрязнения, вызванного промышленными отходами. Данная территория включает подземные воды, которые активно используются населением для питья, бытовых нужд и орошения, а также находится в зоне влияния Гянджинского алюминиевого завода, ныне глиноземного. С 1974 г. по периметру завода, начиная с мест сбора отходов и в направлении движения грунтовых вод, бурятся наблюдательные скважины на расстоянии 1000 и 3000 метров для анализа состояния загрязнения грунтовых вод. В деревне Эйюблу концентрация аммония в 7 раз превышает допустимые нормы для питьевой воды, что указывает на загрязнение, вызванное сельскохозяйственной деятельностью. Водозабор для орошения и водоснабжения, а также извлечение материалов из русла реки для использования в гидроэнергетике также оказывают влияние на ситуацию. Зона аэрации состоит из гравия и песка, которые обладают высокой водопроницаемостью. Грунтовые воды располагаются на глубине от 21 до 16 м на всей площади расположения трех накопителей отходов [Ansbaek et al., 2011].

В реке Гянджачай наблюдается рост количества разлагаемых органических веществ и азотистых соединений. Жилые здания расположены непосредственно в низине реки, и сточные воды сбрасываются прямо в реку. Кроме того, загрязняющие вещества попадают в реку из-за стока с поверхности во время дождей. Лишь небольшая часть сточных вод (как очищенных, так и неочищенных) поступает в реку от Гянджи до устья. Неочищенные сточные воды поступают из небольших населенных пунктов (без системы канализации) и сельскохозяйственных угодий, а также из городов Гёйгёль и Гянджа. Наблюдаются изменения в режиме течения, температуре воды, уровне растворенного кислорода и увеличении водорослей. Гибель водной биоты происходит из-за разрушения их естественной среды обитания. Высокая проницаемость грунтов вблизи Гянджинского алюминиевого завода и высокая концентрация сульфатов свидетельствуют о локальном загрязнении воды в контрольной скважине, расположенной на данной территории [Мамиева, 2024].

На Гянджа-Газахской равнине активно используются подземные воды. С каждым годом наблюдается рост числа пробуренных субартезианских скважин, особенно для нужд орошения. Это приводит к снижению уровня грунтовых вод, уменьшению речного стока и созданию неблагоприятных условий для экосистемы. Гянджа-Газахская равнина на западе граничит с гидрогеологическим бассейном Грузии. Водоснабжение из подземных вод города Гянджи (скважины Гызылгая) требует запрета на ведение хозяйственной деятельности на расстоянии 30 метров от диаметра скважин, в то время как ограниченная хозяйственная деятельность разрешена на расстоянии 100–150 м за пределами данной зоны. В случае водоснабжения из родников, любая хозяйственная деятельность запрещена на расстоянии 200 метров выше, 100 метров ниже, а также по обе стороны от родника. Необходимо провести исследования, касающиеся того, как строительство Гянджачайского водохранилища поможет решить проблемы водопользования для орошения и соблюдения экологических норм по стоку. К 2022 г. была разработана система оценки состояния воды в соответствии с Водной директивой. Также необходимо изучать влияние реабилитации на системы водоснабжения и канализации города Гянджа в рамках проекта МСТС (Национальное водоснабжение и канализация) на снижение загрязнения бытовыми сточными водами. Исследование влияния строительства Гянджачайского водохранилища на решение проблем в регионе, включая обеспечение водопользования для орошения и соблюдение экологических норм по стоку [Ansbaek et al., 2011]. Несмотря на систематические природные катаклизмы в районе Малого Кавказа, увеличение финансовых затрат на ликвидацию последствий селей за последнее десятилетие, число человеческих жертв существенно сократилось. Это связано с эффективным исполнением защитных мер, предусмотренных



Государственными Программами. В рамках этих программ была изменена структура расселения населения и ограничено проживание в опасных зонах.

На реке Гянджачай катастрофические сели всегда имели место 10.07.1906; 26.08.1931; 11.07.1965; 20.08.1970, 2002-х гг. В октябре 1997 г. в Геранбойском и Евлахском районах Гянджа-Газахской равнины произошел селевой поток, в результате которого на нескольких автозаправочных станциях произошел разлив нефтепродуктов в окружающую среду. Несмотря на локальный характер этого события, оно привело к загрязнению грунтовых вод на прилегающей территории [Махмудов, 2008]. Вследствие мощных ливней, 28 июля 2024 г., река Гянджа в городе Гянджа вышла из русла, вызвав селевые явления и наводнение. Сель, случившийся 25 мая 2016 г., привел к чрезвычайному положению для домов, размещенных вдоль реки. Интенсивные осадки обусловили стремительное увеличение уровня воды, что, в свою очередь, повлекло прорыв земляной дамбы на левом берегу и затопление прилегающей деревни. В итоге наводнения пострадали 20 частных домов, а сильные потоки воды спровоцировали трещины в стенах, которые привели к разрушению 10 из них. Один дом был полностью уничтожен. На место происшествия оперативно прибыли сотрудники Гянджинского регионального центра МЧС и другие службы. В русло реки было направлено специальное оборудование, а прорыв дамбы был засыпан грунтом. Территория вокруг жилых домов была очищена от селевых вод, граждан были переселены из затопленных домов, ставших непригодными для проживания (таблица 1).

Таблица 1. Дата прохождения мильных селевых потоков в бассейне реки Гянджачай

№	Дата прохождения селя	Время прохождения селя	Причина возникновения селя	Последствие селя в пределах бассейна
1	13.06.2014	-	ливни	Повреждены близлежащие приусадебные участки
4	25.05.2016	-	ливни	Разрушено 10 домов, снесена плотина, 20 домов затоплено
5	10.06.2022	17:20	проливные дожди	Были разрушены хозяйственные объекты
6	25.05.2023	-	ливни	Прошел кратковременный сель
	2.06.2023	10:10	проливные дожди	Затопление домов
7	10.06.2023	11:00	ливни	Затоплены дома, нарушена подача электричества
8	20.06.2023	16:10	ливни	Нанесен серьезный ущерб дорогам, частным домам и хозяйствам в Гейгельском районе
7	27.05.2024	-	ливни	Повреждены дороги, прервана связь между райцентром и несколькими населенными пунктами

Составлена с использованием материалов Р.Н. Махмудова, 2008.

Для уменьшения или предотвращения гибели людей заблаговременно выявляются области с опасными природными явлениями, где осуществляется мониторинг с использованием современных компьютерных технологий. Населенные пункты располагаются в безопасных зонах, а население переселяется и проходит обучение. Результаты показывают, что при возведении промышленных и сельскохозяйственных объектов, учитывая степень риска и опасности территории, можно минимизировать материальный ущерб и человеческие потери. На примере бассейна реки Гянджачай представлены фрагменты картосхем морфотектонической и морфометрической опасности, что создает научную основу для разработки и применения эффективных мероприятий по снижению ущерба от селевых процессов на рассматриваемой территории. Тем не менее, учитывая, что кратковременные сели на реках возникают



неожиданно, полностью предотвратить их невозможно. Однако можно снизить ущерб от селей, применяя эффективные методы. Методы борьбы с селями делятся на две категории: инженерные и не инженерные. Инженерные методы представляют собой традиционные подходы, широко используемые по всему миру для борьбы с селями: строительство водохранилищ, управление речным бассейном, укрепление берегов рек, очистка русла реки от ила и камней, а также перенаправление селевых вод в специально подготовленные места [Алекперова и др., 2022, Мамиева и др., 2019].

Изменения в составе водной экосистемы и среде обитания животных. Сведения о текущих и намеченных мероприятиях по упрочнению берегов для защиты рек от паводков и селевых потоков, а также о сельскохозяйственных угодьях и жилых комплексах, размещенных вдоль русла реки. В изучаемом бассейне также наблюдаются активные селевые процессы. Горнодобывающая индустрия, разработка карьеров, бурение скважин и другие виды деятельности в горных областях. Земляные работы, а также промышленные, сельскохозяйственные и бытовые отходы, равно как различные химические и технические вещества, попадающие на территории, подверженные селевым процессам, способны стать возможным источником загрязнения окружающей среды и подземных вод как напрямую, так и косвенно.

Список литературы

- Алекперова С.О., Мамиева С.А. Влияние селей на территориальную организацию хозяйств в населенных пунктах бассейнов горных рек (на примере междуречья Дзегамчай – Гянджачай в азербайджанской части Малого Кавказа) // Вопросы географии и геоэкологии. Алматы, Казахстан, № 1, 2022, с. 37–46. doi: 10.55764/2957-9856/2022-1-37-45.05/
- Ализаде Э.К. Особенности морфоструктурного дешифрирования космических снимков зоны сопряжения морфотектонических блоков (на примере восточной части Малого Кавказа) // Геоморфология, № 1, М., 2001, с. 22–30.
- Ализаде Э.К., Тарихазер С.А. Высотно-ландшафтная обусловленность развития селевых процессов в горных геосистемах южного склона Большого Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. Владикавказ, № 4 (26), 2015, с. 33–41.
- Каширо М.А., Жилина Т.Н., Васильева М.С., Евсеева Н.С. Эколого-геоморфологические исследования бассейна р. Басандайки (Томская область) // Вестник Томского государственного университета. Томск, № 362, 2012, с. 184–188.
- Мамиева С.А. Оценка экогеоморфосистем северо-восточного склона Малого Кавказа: на основе материалов дешифрирования. Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. д-ра философии по географии. Баку, 2014, 27 с.
- Мамиева С.А. Использование ГИС-технологии при морфометрическом анализе рельефа (на примере северо-восточного склона Малого Кавказа в пределах Азербайджана) // *Cografiya və təbii resurslar jurnalı*. Bakı, 2023, № 2 (20), с. 29–33. doi: 10.59423/gnr.2023.36.53.004
- Мамиева С.А. Развитие селевых процессов в бассейне реки Гошгарчай (на примере северо-восточного склона Малого Кавказа в пределах Азербайджана) // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 316–327.
- Мамиева С.А., Алекперова С.О. Активизация селевых явлений в современных условиях и пути борьбы с ними на примере Малого Кавказа (в пределах Азербайджана) // Вектор ГеоНаук, т. 8, № 1, 2025, с. 4–15.
- Мамиева С.А., Алекперова С.О. Влияние антропогенного фактора на предгорные и горные территории северо-восточного склона Малого Кавказа // Матер. науч. конф. общественных географов «Человеческая география в Азербайджане и России: основные пути развития в XXI веке» 10–14 мая 2019. Баку, 2019, с. 194–201.
- Махмудов Р.Н. Каталог рек Азербайджана. Баку, 2008, 106 с.
- Тарихазер С.А., Набиев Г.Л. Оценка проявления селеопасности в Азербайджане (на примере Большого Кавказа) // Устойчивое развитие горных территорий. Владикавказ, Т. 9, № 3 (33), 2007, с. 257–268.
- Хромовых В.В., Хромовых О.В. Цифровые модели рельефа. Учебное пособие. Томск: Изд. НТЛ, 2007, 177 с.



- Ansbaek J., Pichugin A., Roncak P., İsmayilov V., İmanov F., Verdiyev R. Пилотный план управления речным бассейном для бассейна реки Гянджа. EPTISA Servicios de Ingenieria S.L. (İspaniya) və Grontmij Carl Bro A.S. (Danimarka). Azərbaycan, 2011, 78 s.
- Mussina A., Raimbekova Zh., Shahgedanova M., Barandun M., Narbayeva K., Abdullayeva A., Nyssanbayeva A. Mountain Resilience: A Tool for Debris flow Risk Management in the Ile Alatau Mountains, Kazakhstan. // Mountain Research and Development, 2023, 43(1): D1–D10. doi: 10.1659/MRD-JOURNAL-D-22-00004.
- Tarikhazer S., Mammadov S., Hamidova Z. Application of quantitative methods for the assessment of landslide susceptibility of the Aghsuchay river basin. // Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", 2023, 58: 257–273. doi: 10.26565/2410-7360-2023-58-20.